

REPUBLIQUE DU SENEGAL

-----

Un Peuple – Un But – Une Foi

-----

Université Cheikh Anta DIOP de Dakar

-----

École Supérieure Polytechnique



**Laboratoire Eau-Énergie-Environnement-Procédés Industriels (LE3PI)**

---

Convention relative aux subventions locales

N° de la convention : 83357007

Contribution à la création d'un écosystème favorable au développement d'activités productives s'appuyant sur la formation, la recherche et le soutien technique des différents acteurs

-----

N° Projet :15.2217.6-001.00

Rapport Final sujet 5

---

Octobre 2021

**SUJET 5**

**PLATEFORMES MULTIFONCTIONNELLES POUR LE DEVELOPPEMENT  
D'ACTIVITES PRODUCTIVES : REALISATION ET OPTIMISATION DES  
PERFORMANCES ENERGETIQUES**

Travail réalisé par Papa Amath DIOUF sous la supervision de :

Mamadou Lamine NDIAYE, Mouhamadou Falilou NDIAYE et Vincent SAMBOU

**GIZ-P.E.D.**

**giz** Deutsche Gesellschaft  
für Internationale  
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH  
**PED**  
Programmes-Energies-Durables

## Table des matières

Introduction générale.....	2
1 Présentation du sujet .....	3
2 Démarche méthodologique .....	4
2.1 Etude du système de production .....	4
2.1.1 Composantes de la centrale .....	4
2.1.1.1 Le générateur PV .....	4
2.1.1.2 Le régulateur .....	5
2.1.1.3 Les onduleurs.....	5
2.1.1.4 Le Stockage .....	5
2.1.1.5 Les protections .....	5
2.1.2 Installation et réalisation de la centrale .....	6
2.1.2.1 Réalisation de la centrale .....	6
2.1.2.2 Schéma électrique du système.....	7
2.2 Supervision de la plateforme .....	8
2.2.1 Description de la plateforme de Victron .....	8
2.2.1.1 Le Dashboard .....	8
2.2.1.2 Onglet Avancé ou Advanced .....	9
2.2.1.3 Traitement des données de la plateforme .....	9
2.3 Solution de monitoring proposée pour les charges .....	10
2.3.1.1 Analyse fonctionnelle .....	10
2.3.1.2 Structure de la solution .....	11
2.4 Etude de la capacité de production de la centrale.....	11
2.4.1 Energie productible par le système.....	12
2.4.2 Etude du besoin énergétique pour l'alimentation des charges .....	12
2.4.2.1 Les charges de consommation .....	12
2.4.2.2 Estimation du besoin .....	14
2.4.3 Estimation de l'énergie restante potentielle.....	14
3 Résultats obtenus .....	14
3.1 Résultats concernant la supervision.....	14
3.2 Résultats pour l'optimisation de la plateforme .....	16
4 Recommandations.....	19
Conclusion générale .....	20
REFERENCES .....	21

## Introduction générale

L'un des problèmes majeurs noté en Afrique subsaharienne, notamment dans les pays peu développés comme le Sénégal, est l'accès fluide et pour tous à l'énergie électrique. Cette forme d'énergie qui n'est accessible majoritairement qu'en milieu urbain, est l'une des principales causes des problèmes de développement la population en milieu rurale. En effet, les activités génératrices de revenus en milieu rurale, que sont l'agriculture et l'élevage ne peuvent en aucun cas avoir un impact remarquable, sans l'accès aux services énergétiques de base qui dans une certaine mesure apportent une grande valeur ajoutée au produit brute. Cette transformation de produits locaux issus des activités agricoles ou de l'élevage contribuent à la lutte contre la pauvreté et à l'épanouissement des collectivités féminines qui de plus en plus se font nombreuses. Ceci, ne concernant que l'économie, des secteurs comme l'éducation, la santé, l'accès à la nourriture et à l'eau potable sont tout autant des secteurs qui reflètent le niveau de vie de la population et qui pâtissent de la non satisfaction des besoins énergétiques de base. Ainsi, le combat quotidien de tous ces pays, serait de trouver des solutions durables et adaptés aux réalités des pays, autrement dit des solutions applicables, adaptés aux besoins et qui exploitent les ressources disponibles.

C'est dans ce contexte que s'inscrit le développement de plateformes multifonctionnelles, qui permet de mettre en place les services énergétiques nécessaires au développement d'activités productives. Ce sont des plateformes qui grâce à l'utilisation de ressources présentes en abondance en Afrique, comme le soleil, mettent à la disposition de la population une installation qui produira l'énergie nécessaire pour l'utilisation qu'elle veut en faire. Dans cet ordre d'idée, le Laboratoire Eau-Énergie-Environnement-Procédés Industriels (LE3PI) de l'Ecole supérieure Polytechnique (ESP) accompagné par le Programme Énergie Durable (PED) de la GIZ, œuvre à l'élaboration de techniques pour une exploitation efficace de l'énergie solaire, et surtout pour son utilisation pour des applications productives dans notre pays. Il nous a donc été confié à cet effet, pour l'obtention du diplôme d'ingénieur de conception (DIC) en génie électrique, le sujet sur le thème : « Plateformes multifonctionnelles pour le développement d'activités productives : réalisation et optimisation des performances du système énergétique ».

Il s'agira globalement dans ce projet de participer à la mise en place et en service effective de l'installation de la plateforme multifonctionnelle, de compléter la solution de supervision et surtout, d'étudier des solutions d'exploitation optimale de la plateforme, de voir comment optimiser les ressources énergétiques produites.

# 1 Présentation du sujet

L'idée de développer des plateformes multifonctionnelles est motivé par le développement d'activités productives en milieu rural principalement, dans une certaine mesure pour une utilisation spécifique en milieu urbain. Sa réalisation devient donc essentielle. Cependant, l'utilisation que l'on fait de la centrale ou disons la manière dont la centrale est utilisée influe grandement sur les choix d'équipements quant au dimensionnement, et par conséquent, intrinsèquement sur le cout d'investissement, à la réalisation et aux maintenances et renouvellement futurs. Il est alors important de faire une analyse caractéristique des modes d'utilisation de nos charges ou équipements dans le milieu productif mais aussi de déterminer le meilleur protocole d'utilisation pour plus d'efficience et d'optimisation des ressources énergétiques et des couts globaux. Ceci passera par une meilleure appréhension de la consommation des charges et ce par un monitoring qui nous permettra de collecter toutes les informations sur l'installation mais aussi de pouvoir faire des prédictions pour une utilisation optimale. C'est ce que plusieurs constructeurs ont compris en proposant des solutions de monitoring, qui permettent globalement une supervision complète de l'ensemble du système ou du moins de la plus grande partie du système. Cependant une approche plus ou moins globale associée à des stratégies d'actions locales tant au niveau des sources de production qu'au niveau des consommateurs permettrait de mieux appréhender le potentiel énergétique des plateformes, et ainsi, des solutions d'adaptation pour une meilleure utilisation pourront être proposées. Une autre solution de supervision des différentes sources de production mais également des charges nous donnerait une idée certaine sur l'utilisation réelle qui se fait de la plateforme, le comportement des utilisateurs, les activités qui y sont faites, la répartition hiérarchique des charges qui assurerait une optimisation globale.

Pour ce faire, nous traiterons dans un premier temps de la réalisation physique de la plateforme multifonctionnelle basée sur de l'énergie solaire photovoltaïque, ensuite nous verrons la solution de supervision proposée par le constructeur Victron, et nous proposerons une solution complémentaire permettant de compléter le monitoring principalement du côté des charges. Enfin, en exploitant les données issues de la plateforme, nous proposerons des solutions d'optimisation de l'utilisation de la plateforme.

## 2 Démarche méthodologique

La démarche méthodologique adoptée consiste à :

1. Étudier le système de production d'énergie
  - a. Composants de la centrale de production
  - b. Installation et réalisation de l'installation
  - c. Supervision de la centrale
2. Étudier la capacité de production de la centrale de production
3. Présenter les résultats obtenus
4. Proposer des recommandations pour améliorer l'utilisation de la plateforme

### 2.1 Etude du système de production

Il s'agit dans cette partie de traiter de la réalisation de la plateforme, de la présenter succinctement.

#### 2.1.1 Composantes de la centrale

Cette section présente les différents éléments de la centrale photovoltaïque

##### 2.1.1.1 *Le générateur PV*

Le générateur PV est constitué de 16 panneaux solaires de 375 Wc chacun, repartis en 4 chaînes de 4 panneaux en série, soit puissance de 6 kWc installée. Les panneaux sont de technologie monocristalline de la marque Trina Solar, modèle TSM-375DE14A (II). Les caractéristiques des modules sont résumées dans le tableau 1.

*Tableau 1: Caractéristiques des panneaux*

Puissance crête (Wc)	375
Tension à la puissance maximale (V)	40
Courant à la puissance maximale (A)	9,37
Tension en circuit ouvert (V)	48,5
Courant de court-circuit (A)	9,88
Calibre maximal du fusible de protection (A)	20
Classe du module	Class A
Tension maximale du système	IEC 1500V

#### *2.1.1.2 Le régulateur*

Le régulateur (MPPT 250/100 de Victron Energy) protège la batterie en contrôlant sa charge et sa décharge. Il permet également de tirer le maximum de puissance des panneaux solaires photovoltaïques grâce à la technologie MPPT (Maximum Power Point Tracking).

#### *2.1.1.3 Les onduleurs*

Les onduleurs assurent la conversion du courant continu produit par le générateur PV, en courant alternatif pour l'alimentation des charges alternatives. Le système dispose de 03 onduleurs monophasés couplés et configurés en triphasé. Ce sont des Multiplus II GX 48V/3000VA/35A, des convertisseurs/chargeurs équipés d'un dispositif d'interconnexion au réseau. Ils sont configurés en maître-esclave et peuvent être utilisés en injection sur le réseau et/ou hors réseau.

#### *2.1.1.4 Le Stockage*

Le stockage de l'énergie est assuré par des batteries plomb-acide, VRLA scellée sans entretien de 200 Ah, 12 V de marque Hoppecke. Le stockage de la minicentrale est composée d'un parc de 08 batteries, regroupées en deux groupements de 4 batteries en série. Grâce à leur conception étanche et à leur bonne résistance à la décharge profonde, ils constituent un type de batterie fiable, caractérisé également par une faible autodécharge.

#### *2.1.1.5 Les protections*

Pour assurer la sécurité des exploitants et du matériel, un ensemble de dispositif de protection est mis en place du côté continu comme du côté alternatif. Du côté continu, le système dispose :

- Un coffret DC (entre panneaux et régulateur), composé d'un disjoncteur et d'un parasurtenseur ou parafoudre. Il s'agit d'un disjoncteur magnétothermique deux pôles, IC 60N de 50 A de chez Schneider Electric, mis en parallèle avec un parafoudre, pour une éventuelle protection contre les surtensions. C'est un parafoudre de type 2, Acti 9 IPRD-DC 40r de la marque Schneider Electric.
- Un coffret DC (entre les onduleurs et la batterie), constitué d'un fusible de 400A et de 3 disjoncteurs de 120 A.
- Du côté alternatif, il existe un coffret AC disposant de disjoncteurs différentiels, des DX<sup>3</sup> 10000 et des COMPACT NSXm -16 KA- TM32D - 4P/4D.

### 2.1.2 Installation et réalisation de la centrale

La topologie utilisée dans le cadre de l'exploitation de la plateforme utilise une architecture mixte AC/DC et hybride qui offre la possibilité d'utiliser le générateur PV et/ou l'utilisation du réseau de SENELEC, dans lequel l'excédent d'énergie peut être réinjecté.

#### 2.1.2.1 Réalisation de la centrale

La minicentrale est composée de :

- 4 chaines de 4 panneaux installé sur le toit du CIFRES sur deux espaces de 15,5 m<sup>2</sup> chacun ;
- Le local technique qui abrite tous les autres équipements (régulateur, onduleur, protection, équipements de supervision et batteries) est situé au rez-de-chaussé du laboratoire. Il regroupe tous les équipements décrits dans les sections 2.1.1.2 à 2.1.1.5.

La figure 1 présente le schéma électrique de l'installation.

### 2.1.2.2 Schéma électrique du système

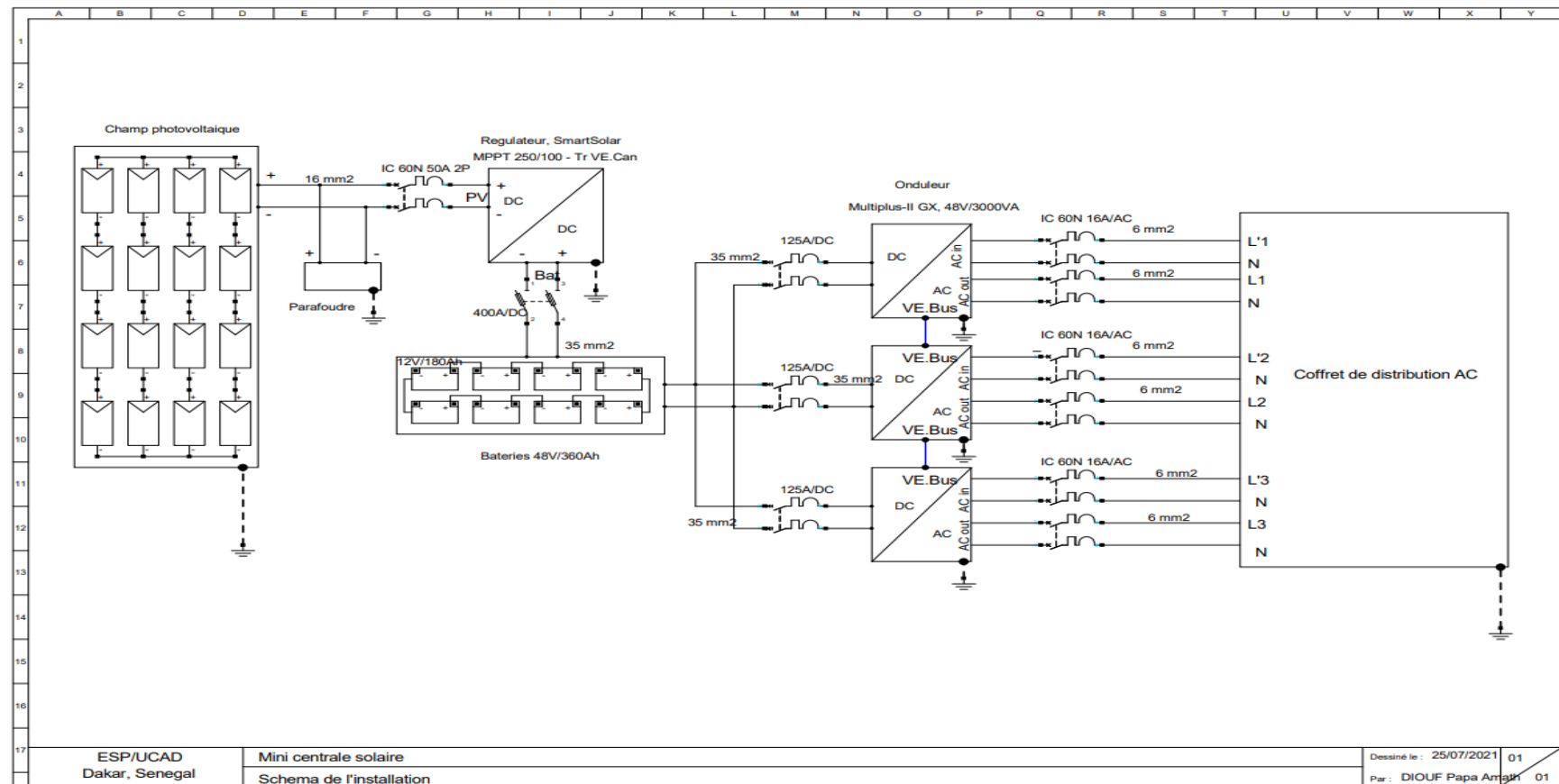


Figure 1: Schéma électrique du système



## 2.2 Supervision de la plateforme

De plus en plus certains constructeurs comme Victron Energie, proposent des solutions de supervision pour avoir une vue à temps réel sur l'utilisation de la plateforme multifonctionnelle. Le système de supervision est basé sur le Color control GX et le battery monitor qui assurent la collecte et la transmission des données de production et d'exploitation de la centrale. Cette section présente la solution de supervision de Victron et la démarche méthodologique adoptée pour compléter le monitoring.

### 2.2.1 Description de la plateforme de Victron

Pour suivre en temps réel l'utilisation que l'on fait de notre système ou pour juste avoir une idée de la production qui se fait Victron met à la disposition du client une plateforme en ligne la VRM Portal accessible par le lien suivant : <https://vrn.victronenergy.com/login>

Le portail est organisé en tableau de bord (ou **Dashboard**) et onglets proposant l'accès aux détails de consommation comme l'option **Avancé**.

#### 2.2.1.1 Le Dashboard

Le Dashboard offre un onglet accueil ou est présenté la synoptique de la chaine de production. On peut y voir globalement la production des panneaux, la consommation et l'état de charge ou de décharge des batteries et la consommation des autres charges. La figure 2 montre le Dashboard de la VRM Portal.

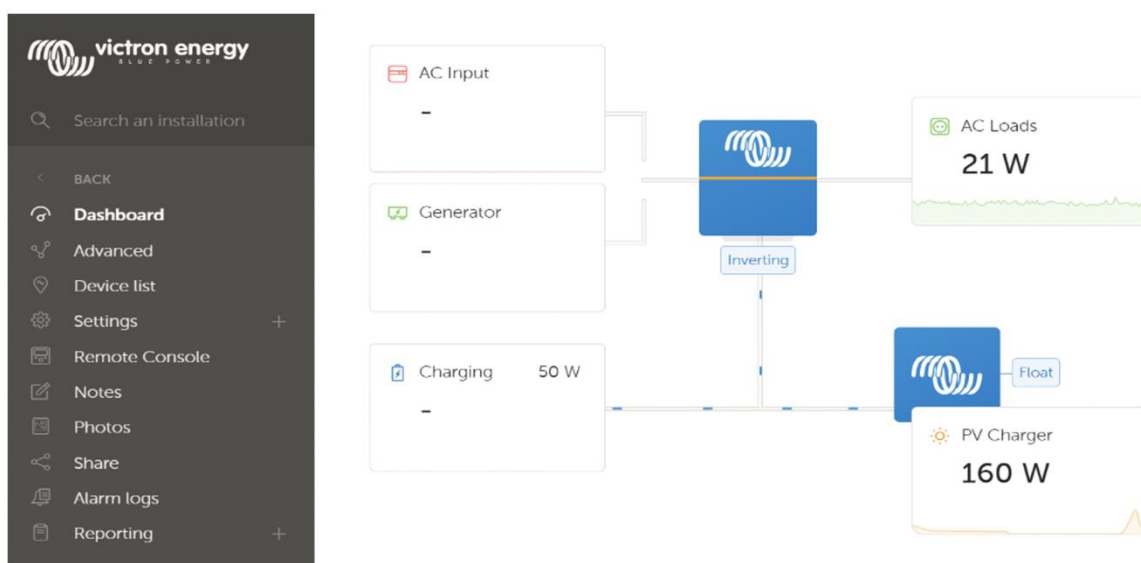


Figure 2 : Dashboard de la VRM Portal

L'historique des données énergétique est accessible pour une plage horaire au choix. Elle concerne globalement la production, la consommation et le stockage. La figure 3 montre une vue d'ensemble des courbes de production et de consommation énergétique.

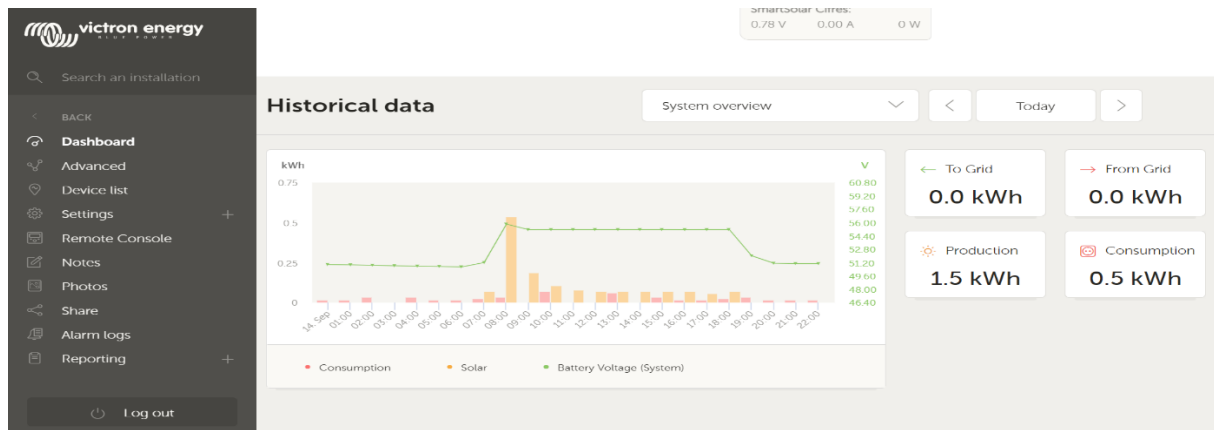


Figure 3 : Courbe des énergies vue sur la plateforme

### 2.2.1.2 Onglet Avancé ou Advanced

Dans cet onglet, plusieurs paramètres peuvent être monitorés.

- PV Yield : production globale des panneaux solaires du système
- Puissance AC à la sortie de chaque onduleur
- Information sur l'état de la batterie (tension, niveau de charge ...)
- PV to battery-kWh : Énergie venant des panneaux solaires et allant vers les batteries
- PV to consumers-kWh : Énergie venant des panneaux solaires et allant directement vers les consommateurs via le régulateur.
- Battery to consumers-kWh : Énergie venant des batteries et allant vers les consommateurs.

La solution de supervision de Victron ne permet pas d'accéder la puissance AC ou l'énergie consommée par chaque appareil. Seule la puissance ou l'énergie globale fournie par onduleur est disponible. Pour accéder à la consommation des charges élémentaires, il faut une solution de supervision supplémentaire.

### 2.2.1.3 Traitement des données de la plateforme

Pour pouvoir traiter les données issues de la plateforme, il existe une méthode asynchrone d'exportation de fichier qui recueille toutes les données sur une période définie. Nous avons

besoins dans notre étude énergétique pour optimiser l'exploitation de la centrale, d'exporter les données sur un fichier Excel pour l'exploitation des données. Le fichier donne les données énergétiques entre panneaux-batteries, panneaux-consommateurs et batteries-consommateur. L'énergie totale produite par le système se calcule comme suit :

$$E_{total} = E_{pvbat} + E_{pvcons}$$

**E<sub>total</sub>** : Énergie totale produite par le système

**E<sub>pvbat</sub>** : Énergie produite par le PV vers les batteries

**E<sub>pvcons</sub>** : Énergie produite par le PV vers les consommateurs

La connaissance de ces données permet d'envisager des solutions pour une utilisation optimale.

La connaissance des détails individuels de consommation de chaque charge serait un atout car elle permettrait de caractériser les charges et en dresser un profil de consommation journalier. Malheureusement la solution de Victron ne permet pas d'avoir accès à ce niveau de détails ou du moins pas directement, car en exploitant les courbes on peut connaître la consommation de chacune des charges, mais cette approche reste difficile dans la mesure où on se baserait sur la connaissance de la puissance électrique de la machine pour voir sur la courbe d'utilisation le pic correspondant. Et si par le pur des hasards deux machines de puissance proches fonctionnent en même temps nous ne pourrions savoir avec certitude laquelle des machines consomme telle ou telle énergie. Pour palier cela, une solution supplémentaire devrait être adoptée pour individuellement pouvoir estimer la consommation des charges.

### 2.3 Solution de monitoring proposée pour les charges

Comme énoncé précédemment, il nous faudrait une solution complémentaire qui pourrait nous permettre d'avoir accès à certains détails de la consommation. Pour cela, à travers une analyse fonctionnelle, nous analyserons le besoin, les moyens de le satisfaire et faire les choix technologiques qui nous permettront d'atteindre notre objectif.

#### 2.3.1.1 Analyse fonctionnelle

La figure 4 présente l'analyse fonctionnelle du système de supervision complémentaire à mettre en place. La méthode FAST a été utilisée, elle permet de décrire du pourquoi au comment réaliser les fonctions de service à partir des fonctions techniques et avec quoi le faire.

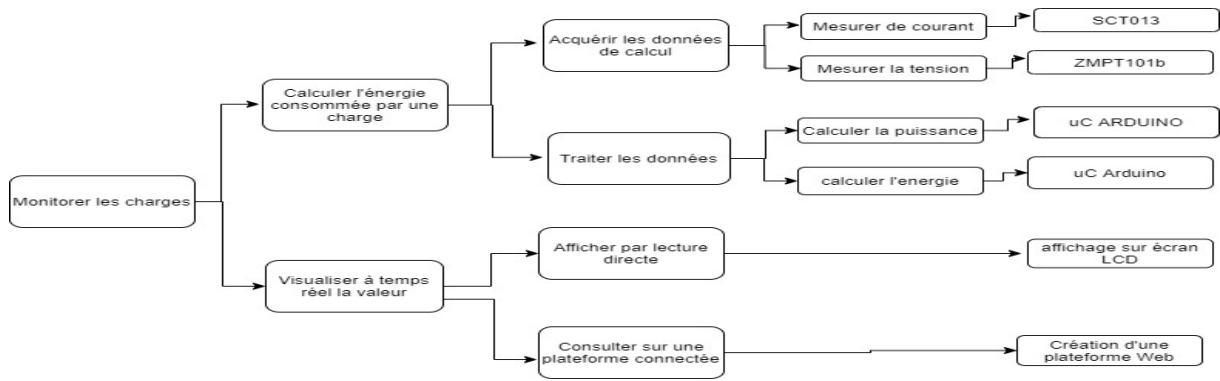


Figure 4 : Diagramme FAST de la solution

### 2.3.1.2 Structure de la solution

La figure 5 présente la structure de la solution qui est basée sur un système microprogrammé (Arduino Yun). Le choix de la carte Arduino Yun est motivé par l'intégration d'une solution tout en un. En effet la carte Arduino Yun dispose des interfaces permettant l'acquisition des grandeurs électriques, le traitement et la transmission vers un serveur Web soit à partir de l'interface WIFI ou Ethernet.

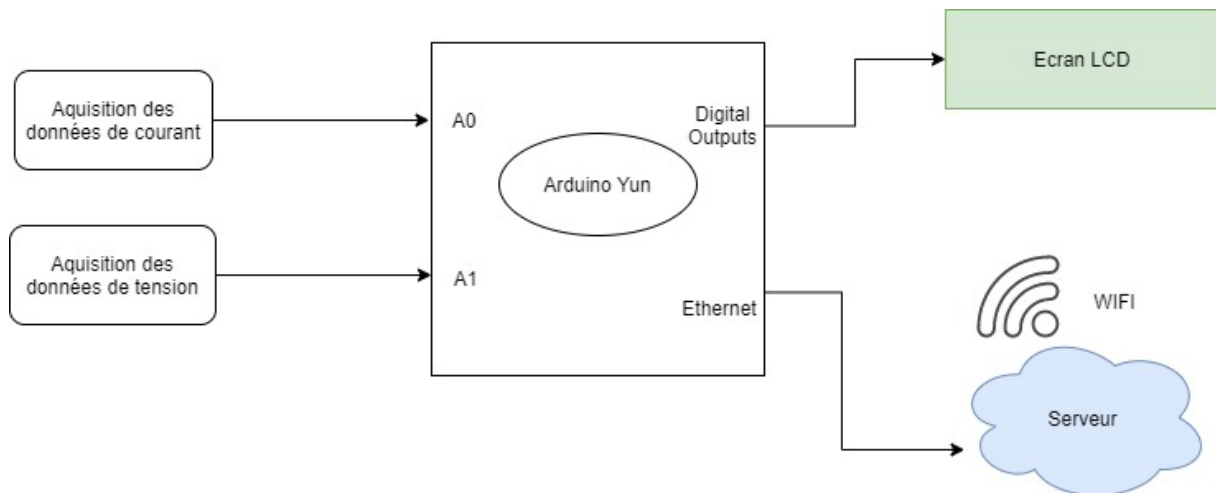


Figure 5 : Structure de la solution adoptée

## 2.4 Etude de la capacité de production de la centrale

Une utilisation optimale de la plateforme consiste à maximiser l'utilisation de l'énergie potentiellement productible par le générateur solaire (GPV). En effet, lorsque les batteries sont complètement chargées, le GPV ne produit que la puissance demandée si elle est inférieure à sa capacité. De l'énergie potentiellement productible est perdue dans ce cas. L'étude menée

dans cette partie cherche à minimiser l'énergie non distribuée et optimiser l'usage de la centrale solaire.

Pour ce faire nous allons dans un premier temps évaluer l'énergie maximale potentiellement disponible, ensuite voir le potentiel énergétique consommé par les charges ponctuelles, et enfin en déduire l'énergie potentiellement disponible pour une autre utilisation.

#### 2.4.1 Energie productible par le système

L'estimation annuelle du potentiel énergétique est faite à partir des données météorologiques du site, la capacité du GPV installée, la surface des panneaux et le ratio de performance. Elle se calcule par la relation :

$$E = A * r * H * PR$$

Avec :

E, kWh, qui représente l'énergie produite

A, m<sup>2</sup> qui représente la surface des panneaux,

r, qui représente le rendement des panneaux

H, irradiation annuelle reçue sur le site

PR, un ratio de performance représentant ici les pertes

#### 2.4.2 Etude du besoin énergétique pour l'alimentation des charges

Cette section traite de l'évaluation des besoins énergétiques pour alimenter les charges productives. Il sera donc judicieux de connaître les charges productives utilisés et en estimer le besoin énergétique.

##### 2.4.2.1 Les charges de consommation

La plateforme est conçue pour alimenter des charges productives pour des besoins de transformation et de conservation de produits issus des activités agricoles. Il s'agit pour notre cas d'étude d'un moulin, de deux décortiqueuses, de deux presses à huile (presse hydraulique de fabrication locale et d'une presse à vis fabriquée en Allemagne). Les caractéristiques des machines sont données dans le tableau 2.

*Tableau 2: Caractéristiques des moteurs*

	<b>Moulin</b>	<b>Décortiqueuse</b>	<b>Presse à vis</b>	<b>Presse hydraulique</b>
Alimentation	Monophasé	Monophasé	Monophasé	Triphasé
Puissance mécanique	2200 W	2200 W	1500 W	2200 W
Tension	220/240 V	220 V	230 V	220/380 V
Courant	13,7	13,9	6,6 A	13,7 A
Fréquence	50/60 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz
Vitesse	2900-3000 tr/min	1480 tr/min	2890 tr/min	--
Bruit	65 Db	--	--	--

Les machines sont dotées de moteurs asynchrones dont le courant d'appel au démarrage peut atteindre jusqu'à cinq à dix fois le courant nominal ; devant être alimenté à partir de la plateforme, un risque de détérioration du matériel se pose étant donné que les onduleurs ont une puissance maximale à ne pas dépasser. En effet, le multipus II Gx 3000 VA ne peut supporter un pic de plus de 6000 VA soit un courant maximal de 26A. Il faut nécessairement prendre toutes les précautions nécessaires pour éviter le dépassement de la capacité maximale des onduleurs. Pour ce faire, l'utilisation d'un variateur ou d'un démarreur progressif est envisagé.

Il a été mis à notre disposition un variateur, l'Altivar 61,

### **Problèmes**

Le modèle de variateur livré s'avère être un variateur triphasé et les démarreurs proposés sont pour l'un d'une faible puissance et pour l'autre, triphasé, alors que les moteurs sont monophasés.

### **Alternatives**

Les alternatives permettant l'alimentation de ces machines avec l'installation solaire sont :

1. L'usage de variateur ou démarreur électronique monophasé ;

2. L'injection de l'intégralité de la production sur le réseau triphasé et l'alimentation indirecte des charges par le solaire via le réseau de SENELEC.

#### 2.4.2.2 Estimation du besoin

Nous avons estimé les besoins sur la base du recueil des données sur plusieurs de sites utilisant les mêmes types de charges (Sarre Bassi, Godoguene ou encore le moulin du quartier). La difficulté de cette estimation est l'évaluation du temps d'utilisation effective des machines qui varie en fonction de plusieurs paramètres (la fréquentation, le temps de travail de l'opérateur, le site d'exploitation). Nous avons proposé plusieurs cas d'étude probables selon l'utilisation que l'on veut faire de la plateforme. Nous avons évalué sur quatre cas d'études allant d'une heure d'utilisation à 4 heures d'utilisation effective par jour.

#### 2.4.3 Estimation de l'énergie restante potentielle

La connaissance de potentiel énergétique, ainsi que la connaissance de la consommation journalière des charges nous permettent de quantifier l'énergie disponible pour une autre utilisation. L'énergie restante non distribuée, sera la différence entre l'énergie maximale productible journalièrement et l'énergie consommée pour l'alimentation des charges.

### 3 Résultats obtenus

Cette section synthétise les résultats des différents tests et opérations effectués.

#### 3.1 Résultats concernant la supervision

- Exploitation de la plateforme

Pour apprécier l'utilisation faite de la plateforme, une alternative a été trouvée au variateur avec l'utilisation d'un autotransformateur. Ainsi, à l'aide d'un banc de charge triphasé de 3 kW, et de la presse KK à vis, nous avons pu effectuer quelques tests que nous avons monitorer à l'aide de la plateforme. La courbe de la figure 6 illustre la consommation en sortie alternatifs du système.

#### Conditions de tests :

- Utilisation de la presse KK, à vis, seule et à vide pour plus de précaution
- Utilisation du banc de charge avec l'intermédiaire de l'autotransformateur avec la presse KK

- Le banc est chargé progressivement : 600 W, 1200 W, 1800 W, 2400 W, 3000 W.

Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau 3 suivant :

*Tableau 3: Résultats des tests en charge de la plateforme*

Charges	Production PV, W	Consommation/producti on des batteries en W	Consommation des charges			
			L1, W	L2, W	L3, W	Total, W
Presse KK	297	1	16	173	20	209
Presse + 20% charge	1094	114	212	374	213	799
Presse + 40% charge	1653	167	421	469	464	1354
Presse + 60% charge	1612	-530	654	611	700	1965
Presse + 80% charge	2104	-687	865	752	934	2551
Presse + 100% charge	2044	-1390	1063	892	1161	3116

L1, L2 et L3 représentent respectivement chaque onduleur monophasé. On note également qu'à certains instants la production PV est inférieure à la consommation. Ceci est dû au fait qu'à un moment des tests, le ciel était nuageux et les batteries ont dû combler le gap de production (d'où le signe moins sur certaines valeurs).



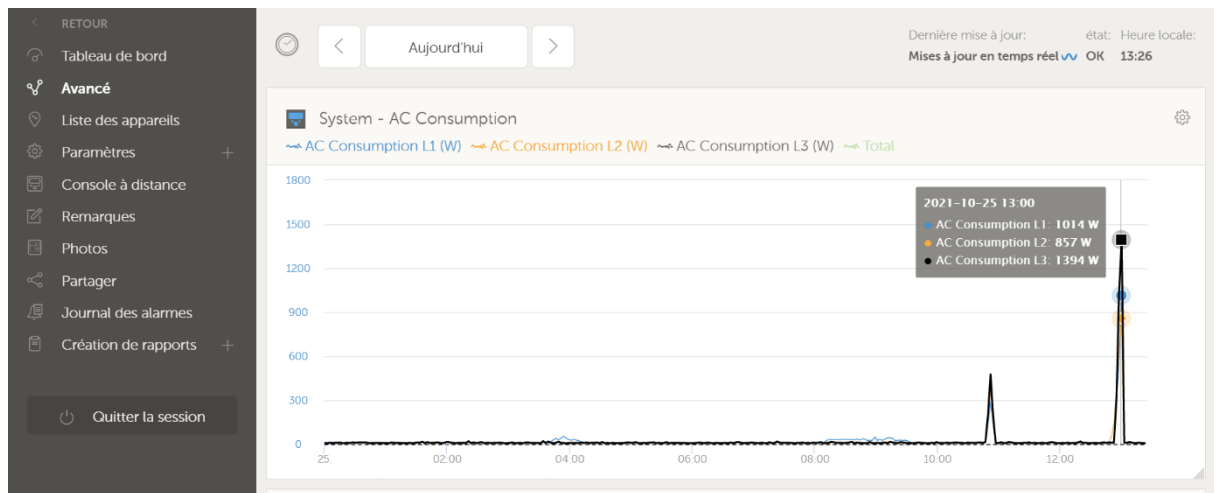


Figure 6: Courbes de consommation de puissance en sortie des onduleurs

- **Solution de supervision complémentaire**

Une simulation de la solution proposée a été faite sur Proteus, les mesures de courant, de tension et de puissance, ainsi que l’affichage sur écran LCD. La figure 7 montre les résultats de la simulation et leur implémentation.

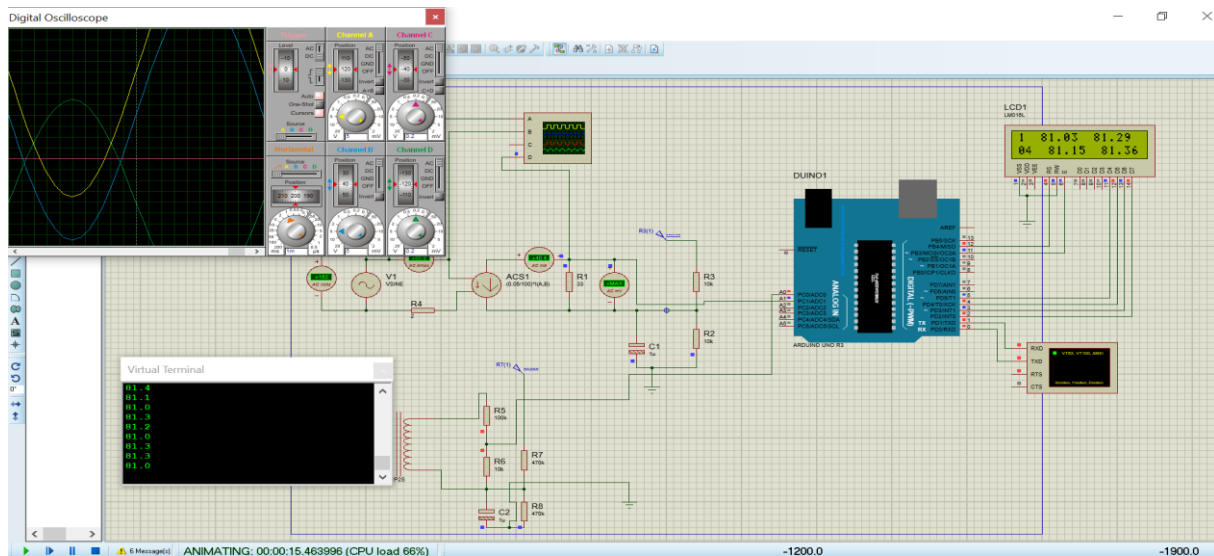


Figure 7 : Structure simulée sur Proteus

### 3.2 Résultats pour l’optimisation de la plateforme

Les résultats présentés dans cette section ont été obtenus sur la base d’un potentiel journalier moyen de  $5,7 \text{ kWh/m}^2$ , nous estimons la production de notre centrale à  $26,47 \text{ kWh/jour}$ . En se basant sur les données issues du terrain, notamment sur des sites où des plateformes

multifonctionnelles ont été déployées, comme Sarre Bassi ou Godogueine, une utilisation plus proche du cas 4 est fait de la centrale [1]. Cependant, il y a une différence entre temps de travail de l'exploitant et le temps de travail effectif des charges. Nous faisons donc une analyse pour quatre profils d'utilisation, et les résultats obtenus sont résumés dans le tableau 4. Chacun des profils d'utilisation est fait suivant un scénario différent.

### **Remarque préalable**

Trois (03) charges au plus, peuvent être utilisés en même temps : deux charges monophasées et une charge triphasée. Pour notre étude, il sera utilisé le moulin, une décortiqueuse, et la presse hydraulique triphasée. Cela représentera la charge maximale. Il est aussi à noter que la presse la presse hydraulique ne contient pas de plaque signalétique, mais un monitoring sur la plateforme à montrer une puissance d'environ de 2 kW ; par conséquent pour notre étude, nous travaillerons avec cette valeur.

Etant donné que les charges ne sont pas utilisées en même temps, un coefficient d'utilisation sera utilisé pour pondérer la puissance de ces charges. Ce coefficient sera pris égal à 0.75.

#### Scénario 1 : 1h de fonctionnement à charge maximale

Il s'agira d'estimer pour ce scénario d'utilisation le besoin énergétique en supposant que la charge maximale fonctionne pendant 1h de temps, et observer le comportement du système.

#### Scénario 2 : 2h de fonctionnement à charge maximale

Il s'agira d'estimer pour ce scénario d'utilisation le besoin énergétique en supposant que la charge maximale fonctionne pendant 2h de temps, et observer le comportement du système.

#### Scénario 3 : 3h de fonctionnement à charge maximale

Il s'agira d'estimer pour ce scénario d'utilisation le besoin énergétique en supposant que la charge maximale fonctionne pendant 3h de temps, et observer le comportement du système.

#### Scénario 4 : 4h de fonctionnement à charge maximale

Il s'agira d'estimer pour ce scénario d'utilisation le besoin énergétique en supposant que la charge maximale fonctionne pendant 4h de temps, et observer le comportement du système.

*Tableau 4: Résultats des analyses énergétiques*

Nbre d'heures d'utilisation	1h	2h	3h	4h
Energie demandée, kWh	6,55	13,1	19,65	26,2
Energie restante, kWh	19,92	13,37	6,82	0,27
Taux d'utilisation, %	24,7	49,48	74,23	98,97

Plusieurs profils d'utilisations sont envisageables et pour chacun des quatre scenarios, la production potentielle du GPV couvre largement les besoins. Lorsque toutes les charges doivent fonctionner au-delà de 4h par jour, le recours aux batteries de stockage est nécessaire. Mais, pour chacun des scenarii on remarque qu'il y a de l'énergie non distribuée et donc une utilisation non optimale de la plateforme. Les deux derniers scenarii un taux d'utilisation de plus de 70%, par contre les deux premiers scénarii montre une sous exploitation de la plateforme. Une évaluation de l'énergie non distribuée permet d'envisager l'alimentation d'autres charges du laboratoire. Une étude a été faite dans ce sens et des perspectives sont dégagées pour alimenter quelques charges du CIFRES, et/ou opter pour une solution d'injection sur le réseau.

Les résultats d'analyse par rapport aux charges potentielles pouvant être alimentés par la plateforme sont consignées dans le tableau 5.

Sont concernées, toute l'éclairage et la moitié des prises de la salle de travail du laboratoire, qui sont au nombre de sept. Deux des prises seront estimées pour être utilisées pour des besoins de réfrigération et d'impression et les autres prises pour la recharge d'ordinateurs portables.

*Tableau 5: Besoin énergétique pour l'alimentation des charges du CIFRES*

Désignation	Nombre	Puissance totale, W	Temps de fonctionnement, h	Energie, kWh
Eclairage type 1	6	540	10	5,4
Eclairage type 2	2	45	10	0,45
Eclairage type 3	4	180	10	1,8
Prise frigo	1	132	4	0,528
Prise Copieur	1	1542	0,5	0,771
Autres prises	5	1430	8	11,44
<b>TOTAL</b>				<b>20,34</b>

Le résultat obtenu s'adapte parfaitement au scénario 1 d'utilisation de la plateforme ; dans le cas où 1h de fonctionnement maximum est prévu, il serait judicieux d'utiliser le reste de l'énergie pour alimenter des charges prioritaires du laboratoire.

Dans les autres cas d'utilisation, l'usage d'une source secondaire est nécessaire soit le stockage ou le réseau de SENELEC. Une autre solution serait l'injection de l'intégralité de la production sur le réseau de SENELEC.

## 4 Recommandations

Cette section synthétise les différents problèmes liés à la plateforme, identifie leurs causes propose des pistes de solutions.

*Tableau 6: Tableau synthétique des problèmes, causes et recommandations*

<b>Problème</b>	<b>Causes</b>	<b>Recommandations</b>
Impossibilité d'utilisation directe des charges avec les variateurs proposés	Les moteurs sont monophasés et les variateurs sont triphasés	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utiliser des variateurs monophasés</li> <li>• Utiliser des démarreurs progressifs</li> </ul>
Difficultés de recueillir les caractéristiques de la presse hydraulique	Absence de plaque signalétique	Fournir la plaque signalétique du moteur
Déficits d'informations sur les caractéristiques technique de la presse hydraulique	Absence de documentation technique	Fournir la documentation technique de la presse
Difficultés de recueillir la consommation des charges élémentaires	Absence de Monitoring des charges élémentaires de la solution de supervision de Victron Energy	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Faire un suivi hebdomadaire des détails de consommation et de production</li> <li>• Élaborer une solution complémentaire pour compléter la solution de supervision</li> </ul>

Beaucoup d'énergie potentielle non distribuée	Sous-utilisation de la centrale	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Etudier l'option d'alimenter des charges supplémentaires du laboratoire</li> <li>• Étudier la possibilité d'injection partielle ou totale sur le réseau de SENELEC</li> <li>• Se mettre dans une configuration ESS (Energy Storage system) serait plutôt intéressant en rechargeant les batteries et injectant le surplus de production sur le réseau</li> </ul>
---	---------------------------------	---

## Conclusion générale

Ce travail a permis de participer à la mise en œuvre de l'installation solaire de centrale solaire PV. Nous avons étudié l'architecture et la configuration de la plateforme. Cette étude a abouti à la réalisation du schéma électrique détaillé de l'installation qui prend en compte tous les différentes liaisons électriques ainsi que celles des communications.

Nous avons étudié dans un second temps la solution de supervision de Victron Energy. Cette étude a permis de présenter les différentes options et les services offerts par cette solution. Cependant, il s'est avéré que la solution de Victron n'offre pas la possibilité de superviser les charges élémentaires permettant d'accéder aux détails de consommation.

Une solution alternative basée sur un système microprogrammé (Arduino) est proposée pour compléter la supervision existante.

Nous avons effectué dans un troisième temps des études énergétiques pour évaluer la production, les besoins des charges mais surtout pour estimer l'énergie non distribuée et voir quelles sont les options permettant une meilleure optimisation de la minicentrale. Plusieurs scénarii d'utilisation de la plateforme ont été étudiée. Ainsi, pour une utilisation allant d'une heure à 4h de temps avec une charge maximale, nous avons estimé les taux d'utilisation de la centrale. En effet, pour une heure d'utilisation, la centrale est ainsi utilisée à 24,7%, une

utilisation qui pourrait être optimisée avec l'alimentation de certaines charges du CIFRES notamment l'éclairage et quelques prises, ce qui permettrait d'utiliser la plateforme à son maximum. Le deuxième scénario indique aussi une utilisation moins optimale étant donné que la centrale n'est pas utilisée à plus 50%. Par contre les deux derniers scénarii proposent une utilisation acceptable de plus de 70% de la capacité de la plateforme, mais dans le but d'optimiser, le surplus énergétique pourrait être renvoyée sur réseau.

## REFERENCES

[1] : Détermination des profils d'utilisations des plateformes multifonctionnels et leur influence sur le système énergétique et la performance énergétique, rapport présenté par Dr Mouhamed Cherif Aidara.



## Annexe 1 : Le générateur PV



## Annexe 2 : Le local technique





### Annexe 3 : Les charges productives



